Experimentelle Beiträge

zur

Lehre von der Selbstreinigung der Flüsse.

Inaugural-Dissertation

verfasst und zur

Erlangung der Doctorwürde in der Medicin, Chirurgie und Geburtshülfe

der

hohen medicinischen Fakultät

der Universität zu Rostock

vorgelegt

von

Adolf Beetz,

pract. Arzt aus Schwerin.

Rostock.

Universitäts-Buchdruckerei von Adler's Erben.

1892.

Den Seinen

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet

vom

Verfasser.

Die Frage nach der Selbstreinigung der Flüsse spielt gegenwärtig in der öffentlichen Gesundheitspflege eine sehr grosse Rolle. Als Ursache dieses in den Flüssen sich vollziehenden Processes, welcher vorzugsweise in der Abnahme der oxydablen organischen Substanz, sowie der Bacterien und in der Oxydation des Ammoniaks besteht, hat man eine Reihe von Factoren angeführt, ohne indess bezüglich ihrer Bedeutung zu voller Uebereinstimmung gelangt zu sein.

Als solche Factoren gelten zur Zeit:

1) die Sedimentirung namentlich in langsam fliessenden Wasserläufen;

2) der Zufluss reinen Wassers aus Nebenflüssen oder vom Grundwasser her;

3) die Wasserpflanzen höherer und niederer Art, sowie die Infusorien;

4) die Spaltpilze, welche bei ihrem Lebensprocess organische Substanzen zersetzen;

5) in einzelnen Fällen die Bildung[1]) unlöslicher anorganischer Verbindungen aus gelösten schädlichen Substanzen und das Ausfüllen derselben.

Nicht völlig klargestellt ist bisher die Bedeutung

6) der Bewegung des Wassers für die Selbstreinigung desselben.

---

[1]) Siehe Uffelmann, Handbuch der Hygiene p. 79 und Uffelmann, Berliner klin. Wochenschrift. April 1892.

Dieser letztbezeichnete Factor hat von den verschiedenen Autoren eine sehr verschiedene Beurtheilung gefunden. Nach Wolffhügel[1]) tritt beim Schütteln des Wassers mit Luft eine Oxydation der organischen Substanz ein. J. König[2]) behauptet, dass bei dem Herabrieseln des Wassers an einem Drahtnetze in Folge der dabei stattfindenden starken Lüftung desselben gelöste Fäulnissproducte etc. oxydirt werden. Ein ähnliche Wirkung constatirte Märcker[3]) beim Gradiren des Wassers.

Zu einem andern Resultate hinsichtlich des Einflusses der Bewegung auf die im Wasser enthaltene organische Materie kamen Emich[4]) und Uffelmann[5]). Ersterer ermittelte sogar bei seinen Untersuchungen, dass Schütteln des Wassers mit Luft sich dem Selbstreinigungsprocesse eher hinderlich als förderlich erweise[6]). Letzterer erzielte beim Schütteln keine Verminderung der organischen Substanz.

Weit wichtiger noch erscheint für die Hygiene der eventuelle Einfluss der Bewegung auf die im Wasser sich findenden Bacterien, besonders pathogener Art, welche häufig in grosser Zahl mit Abwässern u. dgl. in Wasserläufe gelangen, deren Wasser unterhalb der verunreinigten Stelle wieder zu Trink- und Nutzwasser verwandt wird und dann, wie vielfach angenommen wird, Krankheit erregend wirken kann. Zwecks Ermittelung jenes Einflusses sind denn auch

---

[1]) Wolffhügel, Wasserversorgung. 1882. p. 216.

[2]) J. König, Die Verunreinigung der Gewässer. 1877, p. 66.

[3]) Märcker, citirt von J. König, p. 66.

[4]) Sitzungsberichte der Wiener Academie der Wissenschaften 1885, 2. Januar.

[5]) Archiv für Hygiene. IV., p. 89

[6]) cf. Uffelmann, Jahresberichte. Jahrgang 1885, p. 50.

bereits zahlreiche Versuche angestellt worden und zwar in der Weise, dass man entweder an zwei von einander entfernten Stellen eines Wasserlaufes oder in kleineren künstlich bewegten Wassermengen vor und nach der Bewegung den Keimgehalt des Wassers bestimmte.

Wolffhügel[1]) constatirte im Jahre 1884/85 im Wasser der Berliner Wasserleitung nach einem Leitungslauf von 5–8 Stunden eine nicht unbeträchtliche Abnahme der Mikroben; im Jahre 1885/86 fand er dagegen auf diese Weise weder eine Vermehrung noch Verminderung der Keimzahl. Breunig[1]) wies im Kieler Leitungswasser eine constante Differenz zwischen dem Bacteriengehalt des dem Hauptsammelbrunnen und des einem entfernten Ausflusshahn entnommenen Wassers nach. Im ersteren fand er 2786, im letzteren 639 Keime pro Ccm. Die Versuche mit künstlich erzielter Bewegung führten ebenfalls nicht zu übereinstimmenden Ergebnissen. Leone[1])[2]) fand beim Schütteln des Wassers keine Verminderung der Keime. Zu ähnlichen Resultaten kam Miquel[1]). Bei den Untersuchungen von Tiemann und Gärtner[1]) mit einem an einem Wasserrade befestigten Schüttelapparat, durch welche kleine mit mehr oder weniger Wasser gefüllte, theils mit der äusseren Luft communicirende, theils zugeschmolzene Glaskolben in stossende Bewegung (100 Stösse pro Stunde) versetzt wurden, zeigten sich die Mikroorganismen gegen Bewegung unempfindlich. Horvath[3]) und Hoppe-Seyler[3]) fanden in schwach bewegten Nährflüssigkeiten eine Vermehrung

---

[1]) Nach Tiemann und Gärtner, Wasseruntersuchung Braunschweig. 1889. p. 535 u. ff.

[2]) Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt. Bd. I. p. 464 u. ff.

[3]) Pflüger's Archiv für Physiologie. Bd. XVII. p. 125 u. ff.

der Bacterien und L. Tumas[2]) ermittelte, dass durch die Bewegung die Entwickelung wenigstens einiger niederer Organismen wesentlich gefördert wird. E. Ch. Hansen[1]) wies dies speciell für Saccharomyces cerevisiae und H. Buchner[1]) für den Heubacillus nach. Hoppe-Seyler[2]) dagegen constatirte eine ungünstige Einwirkung der mechanischen Bewegung gerade auf Hefe hinsichtlich ihrer Gährthätigkeit.

Einen hemmenden Einfluss auf das Wachsthum der Mikroben constatirte J. Reincke[3]) bei Anwendung molecularer Bewegung. Dasselbe Resultat erzielte Cramer[4]) beim Schütteln und Poehl[4]) in einer mittelst einer Centrifuge bewegten Flasche. Frankland[4]) schüttelte mikrobenhaltiges Wasser mit Eisenschwamm, Thierkohle, Holzkohle, Coaks, Kalk, Thonerde und noch verschiedenen anderen Stoffen und bewirkte hierdurch eine bedeutende Abnahme der Bacterien, die indess wohl weniger durch das Schütteln als durch das Niederreissen der Keime durch die sich absetzende, fein vertheilte Materie bedingt war. B. Schmidt[5]) stellte bei seinen Untersuchungen fest, dass Schütteln mit der Hand hemmend auf das Wachsthum und Verflüssigungsvermögen mehrerer von ihm zu Versuchen benutzter pathogener, sowie nicht pathogener Bacterien wirke; einen gleichen Einfluss constatirte er dagegen in einem mittelst eines Metronoms stossweise in Bewegung gesetzten Behälter nur auf den Bacillus von

---

[1]) Nach Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt. Bd. I. p. 464.

[2]) Flügge, Lehre von den Mikroorganismen. p. 423.

[3]) Pflüger's Archiv. Bd XXIII. p. 454 u. ff.

[4]) Nach Tiemann und Gärtner, Wasseruntersuchung. p. 535 u. ff.

[5]) Archiv für Hygiene. Bd. XIII. p. 264.

Finkler-Prior, sowie in einem Fall auf den Erreger des Milzbrandes. Eine Vernichtung der Mikroorganismen fand bei Schmidt's Versuchen nicht statt. Am Schlusse seiner Arbeit sagt B. Schmidt: „Ist nun auch die Bewegung der Flüsse ein hygienisch bedeutsamer Factor, wie sich aus dem Vergleich eines fliessenden Wassers mit einem stagnirenden von selbst ergiebt, so scheint sie mir doch nicht nach der Richtung zu wirken, dass durch sie die Mikroben vernichtet oder die virulenten avirulent würden. — Unsere Wasserläufe, auch die schnell fliessenden, haben viel zu geringe Bewegung, als dass diese die pathogenen Mikroben, wie den Bacillus des Typhus abdominalis, zu tödten vermöchte. Auch lehren ja Beobachtungen, dass Bäche mit typhös inficirtem Wasser noch nach 1 km Verlauf wirksame infectiöse Keime enthalten können."

Bei dieser Verschiedenheit der Ansichten über den Einfluss der Bewegung auf die Selbstreinigung des Wassers habe ich es für zweckmässig erachtet, diesem Factor der Selbstreinigung sowohl mit Rücksicht auf die organische Substanz als auch auf die im Wasser vorhandenen oder in dasselbe hineingebrachten Mikroorganismen näher zu treten, um auf experimentellem Wege zu einem Resultate zu gelangen, welches zur Klärung dieser Angelegenheit ein wenig beitragen könnte.

Die Autoren, welche sich bisher experimentell mit diesem Thema beschäftigt haben, wandten dabei Methoden an, welche den natürlichen im fliessenden Wasser vorhandenen Bedingungen sehr wenig entsprechen. Weder das Schütteln des Wassers mit Luft, noch das Herabrieseln desselben an einem Drahtnetze und das Gradiren des Wassers, noch die verschiedenen anderen bislang benutzten Arten der Bewegung kommen den natürlichen Vorgängen nahe.

Ich suchte nun die Natur in der strömenden Bewegung des Flusswassers dadurch nachzuahmen, dass ich das zum Experimente benutzte Wasser in einer aus verzinntem Eisenblech hergestellten, genau 4 Meter langen Rinne fliessen liess. Die Rinne trug an jedem Ende ein aus demselben Material verfertigtes, 1 Liter Wasser fassendes, cylindrisches Gefäss, welches unter einem Winkel von 135° zur Längsaxe der Rinne nach unten an diese angelöthet war. Diese Neigung des Gefässes zur Rinnenaxe war gewählt worden, um zu verhindern, dass sich bei den Neigungen der Rinne in den Gefässen ein sog. todter Raum bilde und auf diese Weise immer ein Theil des Versuchswassers in denselben zurückblieb. In der Mitte trug die Rinne eine Axe, um welche sie in einem auf einem ca. 1 Meter hohen Stativ angebrachten Axenlager sehr bequem nach der einen, wie nach der andern Seite geneigt werden konnte.

Die Versuche wurden nun in folgender Weise im Garten des hygienischen Instituts angestellt. Es wurde absichtlich im Freien experimentirt, um auch hierdurch die natürlichen Verhältnisse nachzuahmen und der ozonhaltigen Luft und dem Lichte möglichst Gelegenheit zu geben, auf das in der Rinne fliessende Wasser einzuwirken. Vor jedem Versuch wurden die Rinne sowie die Gefässe mit Wasser aus der Rostocker Wasserleitung oder auch mittelst eines dem Versuchswasser gleichartigen Wassers sorgfältig gereinigt. Auch nach jedem Versuch wurde der Apparat mit Leitungswasser ausgespült und mit reiner Watte ausgetrocknet. Da die Untersuchungen dem Einflusse der Bewegung sowohl auf die organische Materie als auf die Mikroorganismen galten, so wurde vor jedem Versuch die Menge der in 100 Ccm Versuchswasser enthaltenen organischen Substanz durch eine Kalipermanganatlösung bestimmt

— 0,395 Kalipermanganat: 1000,0 Wasser; jeder Ccm dieser Lösung giebt 0,1 mgr O ab und entspricht deshalb nach der früher üblichen Berechnung ungefähr 2 mgr organischer Materie. — Die gefundenen Mengen sind in Ccm jener Chamäleonlösung angegeben. Ausserdem wurden nach Esmarch'scher Methode jedesmal zwei Rollculturen mit Koch'scher Fleischinfuspeptongelatine angelegt, um den Gehalt des Versuchswassers an Mikroben vor dem Versuch zu ermitteln. Als Impfmaterial für jede Cultur diente 1 Tropfen des zu untersuchenden Wassers, welcher mit einer geaichten, sterilisirten Pipette — jeder aus ihr austretende Tropfen war $= {}^1/_{20}$ Ccm — in das mit Nährgelatine beschickte Reagenzglas gebracht wurde. Es wurden immer zwei solche Culturen angelegt, um durch das arithmetische Mittel aus den in beiden gezählten Mikrobencolonien ein möglichst genaues Resultat zu erzielen. Die Culturen wurden dann in einer Temperatur von 22°—25° aufbewahrt und täglich wenigstens einmal besichtigt. Ausserdem wurden die während des Experimentes herrschenden meteorologischen Verhältnisse vermerkt. Das Versuchswasser wurde meistens in einer vorher sterilisirten Flasche bereitet, welche ca. 900 Ccm fasste; 100 Ccm hiervon dienten zur Bestimmung der organischen Substanz, die übrigen 800 Ccm als Versuchsmaterial. In einigen Fällen experimentirte ich mit einer geringeren Menge, was immer besonders bemerkt ist. Nach jedem Versuch wurden in gleicher Weise wie vorher zwei Rollculturen hergestellt. Das hierzu erforderliche Impfmaterial wurde unmittelbar nach Beendigung des Versuchs mittelst der sterilisirten Pipette einem der Gefässe entnommen und in zwei mit Gelatine beschickte Reagenzgläser gebracht. Dann wurde wiederum die Menge der in 100 Ccm vorhandenen organischen Materie bestimmt, und ausserdem die

gesammte in dem Apparat noch vorhandene Wassermenge zwecks Ermittelung des verdunsteten Quantums gemessen. Dies war erforderlich zur Berechnung der Differenz zwischen der vor und nach dem Versuch in 100 Ccm enthaltenen organischen Substanz. Dieselbe Menge organischer Materie nämlich, welche vor dem Versuch z. B. in 800 Ccm enthalten war, müsste, wenn keine Oxydation stattgefunden hatte, nach dem Versuch in der dann noch vorhandenen Wassermenge enthalten sein. Die so berechnete organische Substanz minus der nach dem Versuch durch die Chamäleonlösung wirklich bestimmten organischen Materie drückt die Menge aus, welche während des Versuchs thatsächlich zur Oxydation gelangt ist.

Der Apparat wurde während des Experimentes durch meine Hände langsam abwechselnd nach der einen und der andern Seite geneigt. Die grösste hierbei eintretende Neigung zur Horizontalen betrug ca. 50°. Das Wasser floss ziemlich gleichmässig und zwar mit einer Geschwindigkeit, welche je nach den Versuchen zwischen 0,8—2,0 Meter pro 1 Secunde schwankte. Diese Geschwindigkeit hatte ich durch kleine Korkstücke ermittelt, welche an dem einen Ende der Rinne in das fliessende Wasser gebracht bis zur Ankunft an dem andern Ende durchschnittlich 5 resp. 2 Secunden brauchten. Während des Versuchs übte ich die grösste Vorsicht, damit nicht etwa an meinen Händen haftende organische Substanz, Schmutz und dgl. in den Apparat gelangte, indem ich die Rinne nur von unten her umfasste. Die Zahl der Doppelneigungen des Apparates pro Stunde schwankte bei den verschiedenen Versuchen; die Länge des vom Wasser in 1 Stunde zurückgelegten Weges wechselte zwischen 2880 und 7200 Metern.

Der erste, am 8. April, mit 800 Ccm Wasser aus der Rostocker Wasserleitung im Sonnenschein, bei leichtem NNO.-Wind und einer Aussentemperatur von 6° R angestellte Versuch, welcher 1 Stunde dauerte und bei welchem das Versuchswasser einen Weg von 2880 Metern zurücklegte, ergab folgendes Resultat. Zur Oxydation der in 100 Ccm Leitungswasser enthaltenen organischen Substanz wurden verbraucht:

vor dem Versuch 7,1 Ccm Chamäleonlösung
nach „ „ 6,2 „ „

Verdunstet waren 30 Ccm. Die organische Materie hatte also entsprechend 1,16 Ccm Chamäleonlösung abgenommen [1]).

In den vor dem Versuch angelegten Culturen Nr. 1a und Nr. 1b fanden sich am 12. April 68 beziehungsweise 46, in den nachher angelegten Culturen 2a und 2b dagegen nur 51 beziehungsweise 41 Colonien von Wasserbacterien. Es waren also im Versuchswasser durchschnittlich

vor dem Versuch pro 1 Tropfen 57, pro Ccm 1140 Keime,
nach „ „ „ „ 46, „ „ 920 „

Der Keimgehalt hatte demnach um 220 pro Ccm abgenommen. Ein Unterschied im Wachsthum der Colonien in den 4 Culturen war nicht erkennbar.

Den 2. Versuch stellte ich am 9. April in gleicher Weise und unter gleichen Bedingungen an. Nur durchfloss das Wasser während der $1^1/_2$stündigen Dauer eine Strecke von 4320 Metern. Als Versuchswasser diente ein Gemisch von 875 Ccm Leitungs-

[1]) Scheinbar beträgt die Abnahme nur entsprechend 0,9 Ccm Kalipermanganatlösung, in Wirklichkeit jedoch entsprechend 1,16 Ccm; denn die vor dem Versuch in 800 Ccm Leitungswasser enthaltene organische Substanz war, wenn man von der stattgehabten Oxydation absieht, nach dem Versuch in 770 Ccm enthalten d. h. in 770 Ccm $= 8 . 7{,}1$ d. h. in $100 = \frac{8 . 7{,}1 . 100}{770}$ $= 7{,}36$; $7{,}36 - 6{,}2$ aber $= 1{,}16$.

und 25 Ccm Sielwasser, welches dem im Keller des hygienischen Instituts liegenden Siele entnommen war. 100 Ccm dieses Gemisches erforderten zur Oxydation der organischen Substanz

vor dem Versuch 11,0 Ccm Chamäleonlösung
nach „ „ 10,5 „ „

Verdunstet waren 67,5 Ccm. Am 11. April zählte ich in den beiden vor dem Versuch angelegten Culturen Nr. 3^a 3910 nicht verflüssigende + 102 verflüssigende u. Nr. 3^b 3330 „ „ + 76 „ „ in den beiden nachher angelegten Culturen Nr. 4^a = 2934 + 62 und Nr. 4^b = 3594 + 80 Colonien. Im Mittel enthielt also das Versuchswasser

vor dem Versuch pro Tropfen 3620 + 89,
pro 1 Ccm 72400 + 1780,
nach dem Versuch pro Tropfen 3264 + 71,
pro 1 Ccm 65280 + 1420

Keime. Das Versuchsergebniss war also eine Verminderung der organischen Substanz pro 100 Ccm entsprechend 1,51 Ccm (scheinbar nur 0,5 Ccm) Chamäleonlösung sowie des Keimgehalts um 7120 + 360 pro 1 Ccm. Erwähnen will ich noch, dass die Culturen Nr. 3^a und 3^b ungefähr 12 Stunden früher sich zu verflüssigen begannen als Nr. 4^a und 4^b. Der Versuch hatte also auch hemmend auf das Verflüssigungsvermögen der Bacterien eingewirkt.

Zum 3. Versuch am 11. April, welcher 2 Stunden dauerte und während dessen das Wasser einen Weg von 5760 Metern zurücklegte, benutzte ich 675 Ccm Wasser, welches unmittelbar vorher aus der Oberwarnow in der Nähe der dort gelegenen Rostocker Wasserwerke geschöpft war. Die Witterungsverhältnisse waren wie während Versuch 1 und 2. Pro 100 Ccm Oberwarnowwasser verbrauchte ich

vor dem Versuch 8,0 Ccm Chamäleonlösung
nach „ „ 7,9 „ „

Verdunstet waren 85 Ccm Versuchswasser. In den vorher angelegten Culturen Nr. 5a und 5b fanden sich am 14. April 127 nicht verflüssigende + 4 verflüssigende beziehungsweise 109 + 6 Colonien. An demselben Tage zählte ich in den nachher hergestellten Culturen Nr. 6a und 6b 90 + 4 beziehungsweise 104 + 4 Colonien, welche indess durchschnittlich kleiner als die in 5a und 5b waren. Demnach waren im Versuchswasser durchschnittlich

vor dem Versuch pro Tropfen 118 + 5,
pro 1 Ccm 2360 + 100 Mikroben,
nach dem Versuch pro Tropfen 97 + 5,
pro 1 Ccm 1940 + 80 Mikroben.

Das Versuchsresultat lautete also: Abnahme der organischen Substanz pro 100 Ccm entsprechend 1,2 (scheinbar 0,1) Ccm Kalipermanganatlösung und des Bacteriengehalts um 420 + 20 pro 1 Ccm.

Als Versuchswasser zum 4. wiederum 2stündigen Versuch am 12. April dienten 600 Ccm Hafenwasser, welches ich selbst kurz zuvor im Rostocker Hafen ca. 3 Meter von der Ausmündungsstelle eines Hauptsiels entfernt geschöpft hatte. Der Himmel war diesmal ganz bewölkt, es wehte ein ziemlich starker NO.-Wind, die Temperatur betrug nur 4 °R im Schatten. An Chamäleonlösung waren pro 100 Ccm Hafenwasser erforderlich

vor dem Versuch 9,0 Ccm,
nach „ „ 10,0 „

Es verdunsteten 65 Ccm Versuchswasser. Die wie gewöhnlich vorher angelegten Rollculturen 7a und 7b enthielten bereits am nächsten Tage eine sehr grosse Menge kleiner Colonien. Wegen der beträchtlichen Anzahl verflüssigender Keime musste die Zählung bereits am 13. April Nachmittags vorgenommen werden. Sie ergab — vor dem Versuch —

in Nr. 7a 3200 + 73, in Nr. 7b 2550 + 205 Colonien. In den nachher angelegten Culturen Nr. 8a und 8b zählte ich am 14. April, Morgens 9 Uhr, 1526 + 123 beziehungsweise 1994 + 91 Colonien. Das Hafenwasser enthielt also durchschnittlich an Keimen

vor dem Versuch pro Tropfen 2875 + 179,
pro Ccm 57500 + 3580,
nach dem Versuch pro Tropfen 1760 + 108,
pro Ccm 35200 + 2160.

Während des Versuchs war also eine Abnahme der organischen Substanz entsprechend 0,09 Ccm (scheinbar eine Zunahme entsprechend 1,0) Chamäleonlösung pro 100 Ccm sowie des Gehaltes an Mikroben um 22300 + 1420 pro 1 Ccm eingetreten. Ein deutlicher, zeitlicher Unterschied im Eintritt der Verflüssigung der Culturen Nr. 7a und 7b und Nr. 8a und 8b war nicht erkennbar.

Den 5. einstündigen Versuch stellte ich am 12. April wiederum mit Leitungswasser an, einerseits zur Controle des 1. Versuches, andererseits um den Einfluss der gegen früher veränderten Witterungsverhältnisse zu ermitteln. Die Luft war völlig bedeckt und sehr staubreich. Die Temperatur im Schatten betrug 3° R. Zur Oxydation der organischen Materie verbrauchte ich pro 100 Ccm Versuchswasser

vor dem Versuch 5,1 Ccm Kalipermanganatlösung,
nach „ „ 6,1 „ „

Verdunstet waren 33 Ccm. Das vorher ganz klare Leitungswasser erschien nach Beendigung des Versuchs durch zahlreiche in ihm schwimmende, offenbar aus dem Staub der Luft hineingelangte Partikelchen getrübt. In den vor dem Versuch angelegten Culturen Nr. 9a und 9b fand ich am 16. April 109 resp. 93 Colonien, in den nachher hergestellten Nr. 10a und

10b dagegen 112 resp. 126. Demnach enthielt das Leitungswasser im Mittel

vor dem Versuch pro Tropfen 101, pro Ccm 2020[1]) Keime,
nach „ „ „ „ 119, „ „ 2376 „

Es hatte also durch das Experiment eine Zunahme sowohl der organischen Substanz und zwar entsprechend 0,7 Ccm (scheinbar entsprechend 1,0) Chamäleonlösung als auch des Keimgehalts und zwar um 356 Keime pro 1 Ccm stattgefunden. Auffällig war in Nr. 10a und 10b die Vermehrung der verflüssigenden Colonien gegenüber Nr. 9a und 9b; es erklärte sich daraus auch wohl in den ersteren der etwas frühere Eintritt der völligen Verflüssigung.

Versuch 6 am 13. April sollte zur Controle des 3. Versuchs dienen sowie ebenfalls den Einfluss der gegen damals veränderten meteorologischen Verhältnisse, die wie Tags zuvor waren, feststellen. Auch die Versuchsdauer sowie der durchflossene Weg waren die gleichen wie im vorigen Versuch. Die Menge des Versuchswassers betrug 680 Ccm, welches kurz vorher aus der Oberwarnow geschöpft war. Die organische Substanz in 100 Ccm desselben erforderte

vor dem Versuch 5,5 Ccm Chamäleonlösung,
nach „ „ 6,0 „ „

zu ihrer Oxydation. 32 Ccm waren verdunstet. Die mit dem frischgeschöpften Wasser angelegten Culturen 11a und 11b enthielten am 16. April 131 + 11 resp. 105 + 5, die nach dem Experiment angelegten Culturen 12a und 12b 189 + 8 resp. 153 + 11 Colonien.

---

[1]) Der grosse Keimgehalt des Leitungswassers in Versuch 1 und 5 erklärt sich vielleicht daraus, dass das Versuchswasser beide Male Morgens früh dem Ausflusshahn entnommen wurde, nachdem das Wasser die Nacht hindurch in dem Leitungsrohre stagnirt hatte.

Demnach fanden sich im Oberwarnowwasser durchschnittlich

vor dem Versuch pro Tropfen 118 + 8,
pro Ccm 2360 + 160 Keime,
nach dem Versuch pro Tropfen 171 + 9 bis 10,
pro Ccm 3420 + 190.

Der Versuch hatte demnach eine Zunahme sowohl der organischen Substanz und zwar entsprechend 0,2 Ccm (scheinbar 0,5) Chamäleonlösung als auch des Bacteriengehalts und zwar um 1060 + 30 pro 1 Ccm bewirkt, welche höchst wahrscheinlich durch die während des Versuchs in das Wasser hineingelangten Staubtheilchen zu erklären ist. Das Wasser erschien nämlich wiederum nach dem Versuch deutlich trüber als vorher durch zahlreiche suspendirte Partikelchen.

Der 7. Versuch, am 14. April, war ein Controlversuch zu Versuch 3. Derselbe fand im Schatten bei heiterem Himmel und einer Lufttemperatur von 5.5° R eine Stunde lang statt. Benutzt wurde zum Experiment ein Gemisch von 980 Ccm Leitungs- und 20 Ccm Sielwasser. 100 Ccm desselben verbrauchten

vor dem Versuch 6,9 Ccm Chamäleonlösung.
nach „ „ 6,9 „ „

Die Verdunstungsmenge betrug 20 Ccm. Zwecks Ermöglichung einer genaueren Zählung der Colonien wurde wegen der nach Versuch 2 zu erwartenden grossen Anzahl Keime nicht wie gewöhnlich $^1/_{20}$ Ccm, sondern nur $^1/_{200}$ Ccm jenes Gemisches zur Anlage der Culturen verwandt. Dies bewerkstelligte ich in der Weise, dass ich 1 Ccm des Gemisches mit 9 Ccm sterilen Wassers vermischte und hiervon je 1 Tropfen als Impfmaterial für die Culturen benutzte. Die so vorher hergestellten Culturen 13^a und 13^b enthielten bei der am 16. April mittelst der Loupe vorge-

nommenen Zählung 342 + 10 resp. 306 + 6, die nachher angelegten Rollculturen 14a und 14b dagegen nur 290 + 7 resp. 246 + 7 Colonien. Im Mittel enthielt also das Versuchsgemisch

vor dem Versuch pro $^1/_{200}$ Ccm 324 + 8,
pro 1 Ccm 64800 + 1600,
nach dem Versuch pro $^1/_{200}$ Ccm 268 + 6,
pro 1 Ccm 53600 + 1200

Keime. Das Versuchsresultat zeigte also eine Verminderung der organischen Materie entsprechend 0,17 Ccm (scheinbar blieb der Gehalt daran unverändert) Kalipermanganatlösung pro 100 Ccm sowie des Bacteriengehaltes um 11200 + 400 pro 1 Ccm. Ausserdem trat die Verflüssigung in Nr. 13a und 13b entschieden früher als in Nr. 14a und 14b ein. Es war also wieder eine Verzögerung der Verflüssigung in Folge der Bewegung zu constatiren.

Zur Controle von Versuch 4 experimentirte ich am 14 April (8. Versuch) wiederum mit 800 Ccm Hafenwasser, welches unmittelbar vorher an gleicher Stelle wie für den 4. Versuch geschöpft war. Der zweistündige Versuch fand bei klarem Wetter im Schatten statt. Die Rollculturen wurden wieder wie im vorigen Versuch mit $^1/_{200}$ Ccm Versuchswasser hergestellt. Zur Oxydation der organischen Substanz wurden pro 100 Ccm

vor dem Versuch 6,0 Ccm Kalipermanganatlösung
nach „ „ 6,2 „ „
verbraucht. Verdunstet waren 47 Ccm Hafenwasser. In den vorher angelegten Culturen Nr. 15a und 15b zählte ich am 2. Tage 309 + 12 resp. 379 + 10, in den nachher angelegten Nr. 16a und 16b um dieselbe Zeit 348 + 11 resp. 294 + 8 Colonien. Durchschnittlich enthielt also das Hafenwasser

vor dem Versuch pro 1 Ccm 68800 + 2200 Keime,
nach „ „ „ „ 64200 + 2000 „

Demnach hatte während des Versuchs die organische Substanz entsprechend 0,2 Ccm (scheinbar zugenommen entsprechend 0,2) Chamäleonlösung pro 100 Ccm, und die Zahl der Mikroben um 4600 + 200 pro 1 Ccm abgenommen. Zu bemerken ist ausserdem noch, dass in Nr. 17a und 17b die Verflüssigung entschieden früher als in Nr. 18a und 18b eintrat.

Mit Versuch 9 begann eine zweite Versuchsreihe, n welcher ein bestimmtes pathogenes oder nicht pathogenes Bacterium in Leitungswasser gebracht wurde, um den Einfluss der gleichmässig fliessenden Bewegung auf die Zahl desselben, besonders aber um festzustellen, ob etwa während des Versuchs ein völliges Verschwinden der hineingebrachten Keime aus dem Wasser stattfinde.

Zum 9. Versuch am 20. April benutzte ich 900 Ccm Leitungswasser, denen ich einen Tropfen einer verflüssigten Nährgelatinecultur des Staphylococcus pyogenes citreus zugesetzt hatte. Durch starkes Schütteln wurden die Staphylococcuskeime möglichst gleichmässig im Versuchswasser vertheilt. Das Wetter war während des 3stündigen Versuchs heiter, die Luft sehr staubreich, die Temperatur betrug im Schatten 5,5° R. Der vom Wasser zurückgelegte Weg betrug 8640 Meter. Von der Chamäleonlösung verbrauchte ich pro 100 Ccm

vor dem Versuch 6,2 Ccm,
nach „ „ 7,5 „

Verdunstet waren 65 Ccm. Nach Beendigung des Experimentes erschien das vorher fast ganz klare Versuchswasser durch zahlreiche in ihm schwebende Partikelchen getrübt. Die vorher angelegten Culturen Nr. 17a und 17b enthielten nach drei Tagen 867 resp. 813 Colonien — incl. der des Staphylococcus citreus —; in den nach $1^1/_2$stündiger Versuchsdauer hergestellten

Nr. 18a und 18b zählte ich zu derselben Zeit 491 (+ 3 Schimmelpilze) resp. 429 (+ 4 Schimmelpilze) Colonien. In den nach Beendigung des Versuchs angelegten Rollculturen Nr. 19a und 19b fanden sich 391 resp. 347 Colonien. Ausserdem waren in jeder vier Schimmelpilze gewachsen. Demnach enthielt das Versuchswasser durchschnittlich

vor dem Versuch pro Tropfen 840, pro 1 Ccm 16800 Keime,
nach $1^1/_2$ Stunden „ „ 460, „ „ 9200 „
nach dem Versuch pro „ 368, „ „ 7360 „

Am 24. April wurden die Colonien in allen sechs Culturen nochmals gezählt; es fanden sich

in Nr. 17a und 17b 1452 resp. 1268 Colonien,
„ „ 18a „ 18b 915 „ 801 „
„ „ 19a „ 19b 721 „ 623 „

Danach waren im Versuchswasser im Mittel

vor dem Versuch pro Tropfen 1360, pro 1 Ccm 27200 Keime,
nach $1^1/_2$ Stunden „ „ 858, „ „ 17160 „
nach dem Versuch pro „ 721, „ „ 13440 „

Das Versuchsresultat war also eine Zunahme an organischer Materie pro 100 Ccm entsprechend 0,7 Ccm (scheinbar entsprechend 1,3) Chamäleonlösung und eine Abnahme der Mikroben nach $1^1/_2$ Stunden um 10040, nach 3 Stunden um 13750 pro 1 Ccm. Die Zunahme der organischen Substanz sowie die in Nr. 18a und 18b und Nr. 19a und 19b beobachteten Schimmelpilze waren sicher auf den reichen Staubgehalt der Luft während des Versuchs zurückzuführen. Die Menge der Colonien des Staphylococcus citreus war nicht genau zählbar; verringert hatte sich die Zahl derselben sicher; eine Vernichtung des Staphylococcus war indess durch die dreistündige Bewegung nicht erfolgt. Dies bewiesen die beiden Culturen 19a und 19b — die übrigen vier waren bereits am 26. resp. 27. April gänzlich verflüssigt — welche sich bis zum 1. Mai ziemlich intact hielten, und in

denen sehr deutlich eine Reihe citronengelber Colonien jenes Bacteriums sichtbar waren, welche erst am 30. April eine Verflüssigungszone erkennen liessen, Ein Trockenpräparat aus einer solchen Colonie liess sehr deutlich Staphylococcen erkennen; auch wurde eine Stichcultur angelegt, die sich in der für den Staphylococcus characteristischen Weise entwickelte. Hinsichtlich des Staphylococcus pyogenes citreus lehrte also der Versuch, dass derselbe nach einem dreistündigen Aufenthalt im fliessenden Wasser nicht vernichtet, wohl aber in seinem Verflüssigungsvermögen und seinem Wachsthum überhaupt bedeutend abgeschwächt war; denn während der Staphylococcus citreus unter gewöhnlichen Verhältnissen und bei einer Temperatur von ca. 22° nach ca. 24 Stunden zu verflüssigen beginnt, trat dies nach dem Versuch erst am 6. Tage ein.

Als Versuchswasser zum 10. Versuch am 21. April dienten 800 Ccm Leitungswasser, welche mit einem Tropfen einer älteren ganz verflüssigten Gelatinecultur des Bacillus violaceus geimpft waren. Es stäubte während des Versuchs wiederum sehr stark. An Chamäleonlösung waren pro 100 Ccm erforderlich

vor dem Versuch 4,8 Ccm,
nach „ „ „ 5,1 „

Verdunstet waren 66 Ccm. Das vorher klare Versuchswasser erschien nachher wieder getrübt. Sowohl in den vor als auch nach dem Experimente mit dem geimpften Wasser hergestellten Culturen Nr 20a und 20b sowie Nr. 21a und 21b waren selbst am achten Tage noch keine Violaceuscolonien sichtbar. Vielleicht waren die überimpften Keime des Bacillus violaceus nicht mehr entwicklungsfähig gewesen. Die organische Substanz hatte während des Versuchs entsprechend 0,2 Ccm (scheinbar entsprechend 0,6) Chamäleonlösung pro 100 Ccm zugenommen, augenscheinlich

wieder in Folge der aus der Luft in das Versuchswasser hineingerathenen Staubpartikelchen.

Am 22. April experimentirte ich zwei Stunden mit dem Kommabacillus von Finkler-Prior. Das Versuchswasser war hergestellt durch Einimpfen einer Platindrahtöse voll einer Agarcultur dieses Bacteriums in 800 Ccm Leitungswasser. Das vor dem Experiment klare Versuchswasser war nach demselben durch zahllose aus der staubreichen Luft in dasselbe hineingelangte Partikelchen getrübt. Die organische Materie erforderte pro 100 Ccm

vor dem Versuch 4.7 Ccm Chamäleonlösung,
nach „ „ 5,5 „ „

Verdunstet waren 60 Ccm Versuchswasser. Die beiden vorher angelegten Culturen Nr. 22a und 22b zeigten nach 24 Stunden deutlich makroskopisch sichtbare Colonien, welche unter dem Mikroskop granulirt und von einem Verflüssigungshofe umgeben erschienen. Um dieselbe Zeit waren in den nach dem Versuch angelegten Rollculturen Nr. 23a und 23b erst vereinzelte, eben mit blossem Auge wahrnehmbare Colonien aufzufinden, welche im mikroskopischen Bilde ebenfalls ein granulirtes Aussehen, aber noch keine Verflüssigungszone zeigten. Am 24. April hatten die Colonien in Nr. 22a und 22b bereits einen mittleren Durchmesser von 3—4 mm und waren deutlich verflüssigt, während die Colonien in Nr. 23a und Nr. 23b eben deutlich sichtbar waren, sich aber erst am nächsten Morgen von einem Verflüssigungshofe umgeben zeigten. Ich zählte an Colonien

in Nr. 22a und 22b am 23. April 57 resp. 48,
am 24. April 69 resp. 56,

in Nr. 23a und 23b am 24. April 29 resp. 21,
am 25. April 38 resp. 26.

Demnach fanden sich bei Berücksichtigung der zweiten Zählung im Versuchswasser im Durchschnitt
vor dem Versuch pro Tropfen 63, pro Ccm 1260 Keime
nach „ „ „ „ 32, „ „ 640 „
des Finkler-Prior'schen Bacillus. Das Versuchsergebniss war also eine Vermehrung der organischen Materie entsprechend 0,3 — scheinbar entsprechend 0,8 — Ccm Kalipermanganatlösung und eine Verminderung der Kommabacillen um fast die Hälfte — 620 pro 1 Ccm. — Vor Allem trat aber der hemmende Einfluss des Versuchs anf das Wachsthum sowie auf das Verflüssigungsvermögen des Finkler-Prior'schen Bacillus hervor; denn während dieses Bacterium gewöhnlich nach ca. 24 Stunden — wie auch in Cultur Nr. 22a und 22b — zu verflüssigen anfängt, trat dies in den nach dem Experiment angelegten Culturen Nr. 23a und 23b erst nach drei Tagen ein. Erwähnen will ich noch, dass die von mir gezählten Colonien als solche des Finkler-Prior'schen Kommabacillus nachgewiesen wurden (es fanden sich daneben einzelne Colonien von Wasserbacterien) durch Betrachtung derselben unter dem Mikroskop bei 100facher Vergrösserung, ferner durch mehrere mit Gentianaviolett gefärbte Trockenpräparate sowie endlich durch Anlegen einer Stichcultur. In den Trockenpräparaten waren bestimmt Kommabacillen zu erkennen. In der Stichcultur begann sich nach einem Tage eine sackartige, mit getrübter Flüssigkeit gefüllte Röhre zu bilden, in welcher ebenfalls Kommabacillen nachgewiesen wurden.

Der letzte Versuch der zweiten Reihe — Versuch 16 am 25. April — galt dem Erreger des Typhus abdominalis. Es sollte vor Allem ermittelt werden, ob der Typhusbacillus wirklich, wie von einigen Autoren behauptet worden ist, schon nach kurzer Zeit wieder aus strömendem Wasser verschwinde.

Um eine möglichst gleichmässige Vertheilung der Typhuskeime im Versuchswasser (600 Ccm Leitungswasser) zu ermöglichen, vertheilte ich vier Tropfen einer 3 Tage alten, völlig reinen Typhus-Bouillon-cultur durch kräftiges Schütteln in demselben. Ich experimentirte 3 Stunden bei klarem Wetter im Sonnenschein, wobei das inficirte Wasser eine Strecke von 8640 Metern zurücklegte. In den beiden vor dem Versuch angelegten Culturen 24a und 24b waren am nächsten Morgen so massenhaft kleinste Colonien sichtbar, dass die an den Wänden des Reagenzrohres erstarrte Gelatine wie getrübt aussah. Auch in den nachher angelegten Rollculturen Nr. 25a und 25b waren schon sehr viele Colonien in der Entwickelung begriffen, doch standen dieselben an Zahl denen in Nr. 24a und 24b nach. Bei mikroskopischer Betrachtung zeigten sich im Gesichtsfeld mehrere (4—6) kleine, grauweissliche, unregelmässig gestaltete, flache sowie zahlreiche (30—50) ähnlich aussehende, runde granulirte Colonien, alle ohne Verflüssigungshof. Dasselbe mikroskopische Bild boten die Culturen 25a und 25b, nur war die Zahl der im Gesichtsfeld sichtbaren Colonien dieser Art geringer ca. 20—30. Neben diesen als Typhuscolonien anzusprechenden fanden sich vereinzelte Colonien von Wasserbacterien. Der Beweis, dass die beschriebenen Colonien Typhusbacillen enthielten, wurde für 24a und 24b durch ein frisches sowie ein mit Methylviolett gefärbtes Präparat erbracht. In ersterem erkannte man längliche, in Eigenbewegung begriffene Bacterien mit einzelnen kürzeren vermischt, in letzterem sah man zahlreiche an den Enden etwas abgerundete Stäbchen von der Grösse der Typhusbacillen. Das Vorhandensein von Thyphuscolonien wurde in den nach dem Versuch angelegten Culturen in gleicher Weise erwiesen; ausserdem wurde aus Nr. 24b eine Rollcultur, eine Kartoffelcultur und eine Stichcultur

angelegt. Auf der Kartoffelscheibe zeigte sich nach zwei Tagen ein eben erkennbarer, mattglänzender Belag, in welchem Typhusbacillen wiederum mittelst eines frischen sowie eines Trocken-Präparates nachgewiesen wurden. Auch die Stichcultur wuchs in der für Typhus characteristischen Weise. In der Rollcultur sah man unter dem Mikroskop sehr zahlreiche Colonien von der für Typhus characteristischen Beschaffenheit. Das Resultat des Versuchs war also eine geringe Verminderung der Typhuskeime; eine Hemmung der Entwicklung der Typhuscolonien war nicht sicher zu erkennen.

Am wichtigsten aber ist, dass eine Vernichtung der Typhusbacillen durch ihren dreistündigen Aufenthalt im fliessenden Wasser durchaus nicht stattgefunden hatte.

Die nächsten vier Versuche (13—16) bilden gewissermassen eine dritte Versuchsreihe wegen der dabei angewandten ganz beträchtlichen Stromgeschwindigkeit. Der Apparat wurde so schnell nach beiden Seiten geneigt, dass das in ihm fliessende Wasser eine Geschwindigkeit von 2 Metern pro Secunde erreichte. Jeder von ihnen dauerte zwei Stunden, sodass das Versuchswasser einen Weg von 14400 Metern d. h. von nahezu zwei deutschen Meilen zurücklegte.

Wegen des hinsichtlich des Bacillus violaceus resultatlosen 10. Versuchs experimentirte ich in Versuch 13 am 26. April noch einmal mit diesem Bacterium. Als Versuchswasser dienten 800 Ccm Leitungswasser, denen ich eine Platinnadelöse voll einer Violaceus-Stichcultur zugesetzt hatte. In den beiden vor dem Versuch angelegten Culturen Nr. 26a und 26b zeigten sich die ersten Violaceus-Colonien am 3. Tage; am 1. Mai zählte ich in den-

selben 75 resp. 89 violette, bereits von einer Verflüssigungszone umgebene Colonien. In den nach dem Versuch hergestellten Rollculturen Nr. 27a und 27b erschienen die ersten Violaceus-Colonien erst am 1. Mai und zwar 1 resp. 3. Nach zwei Tagen war keine weitere Vermehrung erfolgt. Zu Cultur Nr. 26a und 26b hatte ich je 2, zu Nr. 27a und 27b je 4 Tropfen Versuchswasser als Impfmaterial verwandt. Das Versuchsresultat war also eine sehr bedeutende Verminderung aber keine völlige Vernichtung der Violaceuskeime. Ausserdem war aber die Entwickelung der Colonien in Nr. 27a und 27b um mehrere Tage verzögert und ihre Verflüssigung fast 2 Tage später als unter gewöhnlichen Verhältnissen erfolgt; denn die deutliche Verflüssigung der Violaceus-Colonien in Nr. 27b war erst am 3. Mai Nachmittags zu constatiren.

Am 29. April experimentirte ich nochmals (Versuch 14) mit dem Bacillus violaceus. Diesmal wurde eine möglichst gleichmässige Vertheilung der Keime, die im vorigen Versuch vielleicht nicht erfolgt war, durch Vermischen von 800 Ccm Leitungswasser mit ungefähr 2 Ccm einer 2 Tage alten Violaceus-Bouilloncultur und kräftiges Umschütteln desselben erzielt. Die Flüssigkeit schäumte stark, muthmasslich in Folge des Bouillonzusatzes. Nach zwei Tagen waren sowohl in den vor dem Versuch angelegten Rollculturen Nr. 28a und 28b als auch in den nachher hergestellten Nr. 29a und 29b bei Loupenvergrösserung zahlreiche Colonien von Wasserbacterien sichtbar; doch standen dieselben in Nr. 29a und 29b denen in Nr. 28a und 28b an Zahl bedeutend nach. — Es waren für jede Cultur nämlich 3 Tropfen Versuchswasser verwandt worden. — Dasselbe bestätigte ich noch zwei Tage später, als die einzelnen Colonien bereits deutlich mit unbewaffnetem Auge zu erkennen waren.

Die Colonien des Bacillus violaceus liessen sich nicht mit Sicherheit zählen, da bei ihrem Erscheinen die zahlreich vorhandenen Colonien von Wasserbacterien die Gelatine schon zu verflüssigen anfingen. Jedenfalls war aber in den nachher angelegten Culturen der Bacillus violaceus mit Sicherheit nachzuweisen, sodass also wiederum durch das Experiment keine Vernichtung desselben bewirkt worden war.

Als Versuchswasser zum 15. Versuch am 30. April dienten 900 Ccm Leitungswasser, denen ca. 2 Ccm einer 24 Stunden alten Bouilloncultur des Bacillus prodigiosus zugesetzt waren. Die vor dem Versuch angelegten Culturen Nr. 30a und 30b waren am nächsten Morgen um 9 Uhr bereits völlig verflüssigt, während in den nachher angelegten Culturen Nr. 31a und 31b nur einzelne Colonien jenes Bacteriums sichtbar waren. Abends 6 Uhr begann auch in ihnen die Verflüssigung der Gelatine und am nächsten Morgen war wie in Nr. 30a und 30b 24 Stunden zuvor die Gelatine gänzlich verflüssigt. Dieselbe war in allen vier Culturen nach der Verflüssigung deutlich roth gefärbt. Aus dem Versuch ging also hervor, dass die Bewegung hemmend auf die Entwickelung und Verflüssigung der Prodigiosuscolonien gewirkt hatte; eine auffallende Verminderung der Prodigiosuskeime war nicht zu constatiren.

Am 1. Mai experimentirte ich unter gleichen Bedingungen mit dem Staphylococcus pyogenes citreus. Das Versuchswasser war durch Impfen von 800 Ccm Leitungswasser mit einer Drahtöse voll einer noch ziemlich frischen Stichcultur jenes Bacteriums gewonnen. Die vor dem Versuch angelegten Culturen Nr. 32a und 32b zeigten die ersten Staphylococcuscolonien am 4. Mai und zwar in grösserer Menge. In den nach dem Versuch angelegten Culturen Nr. 33a und 33b waren dagegen ganz vereinzelte citronengelbe Colonien erst am 6. Mai zu

erkennen, die nach zwei Tagen von einem Verflüssigungshofe umgeben waren, während die betreffenden Colonien in Nr. 32a und 32b die Gelatine um sich herum bereits 24 Stunden nach ihrem Erscheinen sehr deutlich verflüssigt hatten. Der Versuch hatte also neben einer beträchtlichen Verminderung eine Verzögerung im Wachsthum und in der Verflüssigung, aber keine völlige Vernichtung der Staphylococcuskeime bewirkt.

Es folgten nun drei Versuche (17–19), 3. Reihe, durch welche der Einfluss der schon bei der zweiten Versuchsreihe angewandten, recht beträchtlichen Stromgeschwindigkeit auf die organische Materie innerhalb zwei Stunden ermittelt werden sollte.

Zum 17. Versuch benutzte ich 800 Ccm Rostocker Leitungswasser. 100 Ccm desselben erforderten zur Oxydation der organischen Substanz

vor dem Versuch 5,1 Ccm Chamäleonlösung
nach „ „ 5,5 „ „

Verdunstet waren 83 Ccm. Es hatte demnach eine Abnahme der organischen Materie entsprechend 0,2 Ccm (scheinbar eine Zunahme entsprechend 0,4) jener Lösung stattgefunden.

Beim 18. Versuche experimentirte ich in gleicher Weise mit 800 Ccm Hafenwasser. Ich verbrauchte pro 100 Ccm desselben

vor dem Versuch 11,2 Ccm Kalipermangenatlösung
nach „ „ 12,0 „ „

Die verdunstete Wassermenge betrug 85 Ccm. Der Versuch hatte also eine Verminderung der organischen Substanz entsprechend 0,54 Ccm (scheinbar eine Vermehrung entsprechend 0,8) Chamäleonlösung bewirkt.

Der 19. Versuch wurde mit 700 Ccm eines Gemisches von 775 Ccm Leitungs- und 25 Ccm

Sielwasser angestellt. Die organische Substanz erforderte zur Oxydation pro 100 Ccm desselben
vor dem Versuch 13,6 Ccm Kalipermangenatlösung
nach „ „ 13,9 „ „
Es verdunsteten während des Experiments 74 Ccm. Demnach war eine Abnahme der organischen Materie entsprechend 1,3 Ccm (scheinbar eine Zunahme entsprechend 0,3) Chamäleonlösung pro 100 Ccm erfolgt.

In allen Versuchen dieser Reihe war also eine Oxydation der organischen Materie eingetreten. Die etwas von einander abweichenden Resultate erklären sich vielleicht aus der verschiedenen Intensität der Einwirkung des directen Sonnenlichtes auf das Versuchswasser. Versuch 17 und 18 fand Morgens von 8--10 resp. Nachmittags von 4—6 Uhr statt, Versuch 19 dagegen während der Mittagsstunden von 12—2 Uhr.

Als letzte Versuchsreihe füge ich noch vier Versuche an, welche ich zwecks Ermittelung der Einwirkung des Schüttelns von Wasser mit Luft auf die darin enthaltene organische Materie im Laboratorium des hygienischen Instituts anstellte. Als Schüttelgefäss diente eine mit einem langen, weiten Halse versehene sog. Kochflasche von ungefähr 500 Ccm Inhalt. Vor jedem Versuch wurde dieselbe mit Kalipermanganatlösung ausgekocht, um die etwa an ihren Wänden haftende oxydable organische Substanz zu beseitigen. Die Flasche blieb während des Schüttelns geöffnet, um der Luft freien Zutritt zum Versuchswasser zu gewähren. Das Schütteln geschah mit der Hand.

Beim ersten Versuch schüttelte ich 100 Ccm Rostocker Leitungswasser $^1/_2$ Stunde hindurch. Nach dem Versuch verbrauchte ich zur Oxydation der darin vorhandenen organischen Materie 4,8 Ccm

Chamäleonlösung; die gleiche Menge war auch pro 100 Ccm frischen Leitungswassers erforderlich gewesen.

Während des zweiten Versuches schüttelte ich in gleicher Weise 100 Ccm eines Gemisches von 150 Ccm Leitungs- und 50 Ccm Sielwasser. 100 Ccm desselben erforderten

vor dem Versuch 18,1 Ccm Chamäleonlösung,
nach „ „ 18,0 „ „

Bei Versuch 3 wurden 100 Ccm Leitungswasser eine Stunde lang geschüttelt. Es war keine Aenderung im Gehalt an organischer Substanz danach zu constatiren; denn sowohl vor dem Versuch als nach demselben verbrauchte ich pro 100 Ccm desselben 4,8 Ccm Kalipermanganatlösung.

Den 4. Versuch stellte ich mit 100 Ccm eines Gemisches von 175 Ccm Leitungs- und 25 Ccm Sielwasser wiederum eine Stunde hindurch an. Vor dem Versuche waren pro 100 Ccm desselben 14,3 Ccm, nach demselben 14,1—14,2 Ccm Chamäleonlösung erforderlich.

Es war also durch das Schütteln in keinem Fall eine deutliche Verminderung der oxydablen organischen Materie erzielt worden.

Wenn ich nun das Gesammtresultat aus allen meinen Versuchen, welche ich auf Seite 34 und 35 in zwei Tabellen übersichtlich zusammengestellt habe, ziehe, so ergiebt sich zunächst hinsichtlich der organischen Substanz bei 14 mit dem Apparat angestellten Experimenten (Reihe 1 und 2) 9mal eine bald nur minimale, bald etwas beträchtlichere Abnahme derselben, während in den fünf übrigen Fällen eine Vermehrung constatirt wurde. Diese letztere, auf den ersten Blick etwas auffallende Erscheinung erklärt sich indess wohl aus den während der betreffenden

Versuche herrschenden meteorologischen Verhältnissen; denn immer, wenn eine Vermehrung der organischen Substanz stattfand, war die Luft sehr staubreich. Dies trifft für alle fünf Fälle zu (Versuch 5, 6, 8, 9, 10). Offenbar waren aus dem Luftstaub zahlreiche Partikelchen organischer Natur in das Versuchswasser hineingefallen und sie bewirkten die mittelst der Chamäleonlösung nachgewiesene Zunahme. Für diese Annahme spricht auch der Umstand, dass das Versuchswasser in allen fünf eben erwähnten Versuchen da, wo es vorher klar resp. nur wenig getrübt war, nachher getrübt resp. trüber erschien. Was nun die Abnahme der organischen Substanz in jenen neun Fällen bewirkt, lässt sich ohne Weiteres nicht sagen. Von den bei dem Selbstreinigungsprocess in den Wasserläufen wirksamen Factoren ist bei meinen Untersuchungen zunächst die Sedimentirung, einerseits wegen der bedeutenden angewandten Stromgeschwindigkeit, andrerseits vielleicht auch wegen der Glätte der Wandungen des Apparates mit Sicherheit auszuschliessen. Ferner kommen nicht in Betracht die Verdünnung durch reine Zuflüsse sowie die reinigende Wirkung von Wasserpflanzen höherer und niederer Art und von Infusorien — das Rostocker Leitungswasser ist durchschnittlich sehr arm an Algen und ganz frei von Infusorien — desgleichen endlich die für einzelne Fälle zutreffende Bildung unlöslicher anorganischer Verbindungen aus gelösten schädlichen oder die Ausscheidung von Humussubstanzen z. B. durch Aluminiumsulfat. Dass sich auch eine Wirkung der im Wasser vorhandenen Spaltpilze ausschliessen lässt, möchte ich deshalb glauben, weil die Temperatur des Wassers während aller meiner Versuche sich sehr niedrig, in maximo auf 6—7° R stellte. Es bleibt also als alleinige Ursache für die Verminderung der organischen Substanz nur die

Bewegung des Wassers übrig. Damit stimmt nun aber nicht das Resultat meiner Schüttelversuche überein, da bei ihnen eine deutliche Abnahme nicht erzielt wurde. Es müssen demnach bei jenen neun Versuchen doch noch andere Factoren mitgewirkt haben. Sicherlich spielten die während derselben herrschenden Witterungsverhältnisse eine nicht unbedeutende Rolle. Während ich in sechs Fällen im directen Sonnenlicht experimentirte, fanden die andern drei Versuche im Schatten resp. bei bewölktem Himmel statt. Dementsprechend war die Verminderung der organischen Substanz sechsmal deutlich erkennbar, dreimal dagegen nur minimal. Es scheint also das directe Sonnenlicht weit kräftiger als das diffuse Tageslicht auf die oxydable organische Materie eingewirkt zu haben. Bei den im Laboratorium angestellten Schütttelversuchen trat zu dem Versuchswasser nur diffuses Tageslicht, und zwar in weit geringerer Menge als dies im Freien möglich war, hinzu. Bei höherer Temperatur als der bei meinen Versuchen herrschenden kann aber sehr wohl die fliessende Bewegung des Wassers an sich zur Selbstreinigung beitragen; denn durch diese Bewegung vermag das Wasser sich beständig neu mit Sauerstoff zu imprägniren. Alsdann aber können die aëroben Mikroben, welche durch die einfach fliessende Bewegung in ihrem Wachsthum nicht beeinträchtigt werden, sich vermehren und bei ihrer Vermehrung organische Substanz zerzetzen.

Hinsichtlich der Mikroorganismen constatirt das Gesammtresultat der Versuche zunächst eine Verminderung ihrer Zahl. Bei 13 Versuchen, bei denen vorher und nachher Zählungen der Bacteriencolonien stattfanden oder Schätzungen derselben möglich waren, trifft dies 11mal zu. Die Zunahme der

Mikroben im 5. und 6. Versuch ist auf den grossen Staubgehalt der Luft während der Experimente zurückzuführen. Es waren zweifellos mit den Staubtheilchen auch Bacterien aus der Luft in das Versuchswasser gelangt. Wodurch im 9. Versuch eine gleichzeitige Zunahme der organischen Materie und Abnahme der Bacterien bedingt war, vermag ich nicht zu erklären. In Versuch 11 fand bei Vermehrung der organischen Substanz eine Verminderung der Finkler-Prior'schen Kommabacillen statt. Ob dabei die im Versuchswasser vorhandenen Wasserbacterien zu- oder abgenommen hatten, wurde nicht ermittelt, da nur die Kommabacillus-Colonien gezählt wurden.

Ausser einer Verminderung der Keime wurde mehrmals auch eine Hemmung der Entwickelung und eine Abschwächung ihres Verflüssigungsvermögens in Folge der Bewegung beobachtet. Das Erscheinen und weitere Wachsthum der Wasserbacterien wurde verzögert in Versuch 3 — Rollcultur Nr. 6^a und 6^b —; dasselbe liess sich constatiren bei den Colonien des Staphylococcus pyogenes citreus, des Finkler-Prior'schen Kommabacillus sowie des Bacillus violaceus und — in geringerem Grade — auch des Bacillus prodigiosus. Beim Erreger des Typhus abdominalis liess sich eine Verzögerung des Wachsthums nicht mit Sicherheit nachweisen. Eine Verspätung im Eintritt der Verflüssigung der gewöhnlichen Wasserbacterien zeigte Versuch 2, noch deutlicher aber Versuch 6 und 7; ganz auffallend war dieselbe bei den Colonien des Staphylococcus citreus, des Kommabacillus von Finkler-Prior, sowie des Bacillus violaceus und Bacillus prodigiosus.

Besonders hervorzuheben aber ist, dass in keinem Versuch die eben genannten dem Leitungswasser hinzugesetzten Mikroben gänzlich aus demselben trotz der beträchtlichen angewandten Stromge-

schwindigkeit und trotz eines Weges von mehreren Kilometern verschwanden. Von äusserster Wichtigkeit ist dies für den Typhusbacillus, von dem behauptet worden ist, dass er, ins Wasser gelangt, sehr schnell wieder aus demselben verschwindet. Mein Versuch (12) bestätigt vollkommen, was uns schon mehrere Typhusepidemien, so die von Triberg im Jahre 1884 und 1885 lehrten, nämlich, dass mit Typhusbacillen inficirtes fliessendes Wasser noch nach einem Wege von gegen 10 Kilometern Typhuskeime enthalten und demnach sehr wohl infectiös wirken kann. Was in dieser Hinsicht für den Erreger des Typhus abdominalis und den Staphylococcus pyogenes citreus erwiesen ist, muss auch für andere pathogene Mikroben bis auf weitere Studien wenigstens als möglich angenommen werden.

Vom hygienischen Standpunkte aus ist es deshalb durchaus zu verwerfen, Faecalien und Abwässer, die nur allzuleicht Träger der Infection sein können, ohne vorherige genügende Reinigung in Wasserläufe zu leiten, deren Wasser stromabwärts von der Stelle der Verunreinigung noch wieder zu Trink- und Nutzwasser Verwendung findet.

Das Gesammtresultat meiner Untersuchungen möchte ich in folgende Sätze zusammenfassen:

1) Die fliessende Bewegung des Wassers für sich vermag sehr wenig zur Oxydation der organischen Substanz beizutragen.

2) Sie ist nicht im Stande, die Bacterien zu tödten.

3) Pathogene Mikroben, namentlich Typhusbacillen, welche man in Wasser hineinbringt, werden durch ziemlich gleichmässiges Fliessen desselben selbst nicht nach einem Wege von mehr als $8^1/_2$ Kilometern vernichtet.

Nr. und Tag des Versuchs	Art u. Menge des Versuchswassers in Ccm	Dauer des Versuchs in Stunden	Der vom Wasser zurückgelegte Weg	Meteorologische Bemerkungen	Verdunstete Menge	Chamäleonlösung in Ccm vor d. Versuch auf 100 Ccm Versuchswasser	Chamäleonlösung i. Ccm nach d. Versuch auf 100 Ccm Versuchswasser	Keimgehalt vorher pro 1 Ccm	Keimgehalt nachher pro 1 Ccm	Versuchsresultat: Chamäleonlösung in Ccm	Versuchsresultat: Keimgehalt	Bemerkungen
1 8. April	800 Leitungswasser	1	2880 Meter	Sonnenschein Lufttemp. = 6° R	30 Ccm	7,1	6,2	Nr. 1a) 1140 „ 1b)	Nr. 2a) 920 „ 2b)	— 1,16	— 220	Keine deutliche Verzögerung der Verflüssigung
2 9. April	875 Leitungs- 25 Sielwasser	1½	4320 Meter	Sonnenschein Lufttemp. = 7°	67,5 Ccm	11,0	10,5	Nr. 3a) 72400 + „ 3b) 1780	Nr. 4a) 65280 + „ 4b) 1420	— 1,5	— (7120 + 360)	Verflüssigung in Nr. 4a u. 4b ca. 12 Stunden später eingetreten
3 11. April	675 Oberwarnowwasser	2	5760 Meter	Wetter klar Lufttemp. = 7°	85 Ccm	8,0	7,9	Nr. 5a) 2360 + „ 5b) 100	Nr. 6a) 1940 + „ 6b) 80	— 1,2	— (450 + 20)	Geringe Hemmung der Entwickelung in Nr. 6a u. 6b
4 12. April	600 Hafenwasser	2	5760 Meter	bewölkt Lufttemp. = 4°	66 Ccm	9,0	10,0	Nr. 7a) 57500 + „ 7b) 3580	Nr. 8a) 35200 + „ 8b) 2160	— 0,09	— (22300 + 1420)	Kein Unterschied in der Entwickelung und Verflüssigung erkennbar
5 12. April	800 Leitungswasser	1	2880 Meter	Luft völlig bedeckt sehr staubreich Lufttemp. = 3,5°	34 Ccm	5,1	6,1	Nr. 9a) 2000 „ 9b)	Nr. 10a) 2376 „ 10b)	— 0,7	+ 356	Nr. 10a u. 10b verflüssigten ca. 8 Stunden früher als Nr. 9a u. 9b
6 13. April	680 Oberwarnowwasser	1	2880 Meter	bewölkt Luft staubreich Lufttemp. = 4°	32 Ccm	5,5	6,0	Nr. 11a) 2360 + „ 11b) 156	Nr. 12a) 3420 „ 12b) + 188	— 0,2	+ (1060 + 30)	Ziemlich gleichzeitiger Beginn der Verflüssigung
7 14. April	980 Leitungs- 20 Sielwasser	2	5760 Meter	Wetter klar, im Schatten experim. Lufttemp. = 4,5°	20 Ccm	6,9	6,9	Nr. 13a) 6485 + „ 13b) 1600	Nr. 14a) 53600 + „ 14b) 1200	— 0,17	— (11200 + 400)	Verflüssigung in Nr. 13a u. 13b deutlich früher als in Nr. 14a u. 14b
8 14. April	800 Hafenwasser	2	5760 Meter	Sonnenschein, Versuch im Schatten Lufttemp. = 8,5°	47 Ccm	6,0	6,2	Nr. 15a) 68800 „ 15b) + 2200	Nr. 16a) 64200 — „ 16b) 2000	+ 0,2	— (4600 + 200)	
9 20. April	800 Leitungswasser mit Staphylococcus citreus	3	8640 Meter	Wetter klar, Luft sehr staubreich Lufttemp. = 5,5°	65 Ccm	6,2	7,5	Nr. 17a) 27200 „ 17b)	Nr. 19a) 13440 „ 19b)	0,7	— 13720	Verminderung, sowie unverkennbare Verzögerung der Entwickelung und Verflüssigung der Staphylococcuscolonien
10 21. April	800 Leitungswasser mit Bacillus violaceus	2	5760 Meter	Sonnenschein Luft staubreich Lufttemp. = 5°	60 Ccm	4,8	5,4	Nr. 20a u. 20b Keine Violaceuscolonien gefunden	Nr. 21a u. 21b Keine Violaceuscolonien gefunden	+ 0,2		
11 22. April	800 Leitungswasser mit Finkler-Prior	2	5760 Meter	Sonnenschein Luft staubreich Lufttemp. = 6,5°	78 Ccm	4,7	5,5	Nr. 22a) 1260 „ 22b)	Nr. 23a) 640 „ 23b)	+ 0,3	— 620	Hemmung des Wachsthums und deutliche Verspätung d. Verflüssigung
12 25. April	600 Leitungswasser mit Typhusbacillen	3	8640 Meter	Sonnenschein Lufttemp. = 6,5°				Zahl der Typhuscolonien nicht bestimmt	Zahl der Typhuscolonien nicht bestimmt			Geringe Abnahme der Typhuskeime durch die Zahl der im mikr. Gesichtsfeld sichtbaren Colonien bestimmt

Nummer des Versuchs	Art und Menge des Versuchswassers in Ccm	Dauer des Versuchs	Der vom Wasser zurückgelegte Weg in Metern	Meteorologische Bemerkungen	Keimgehalt vorher	Keimgehalt nachher	Resultat	Bemerkungen
13	800 Leitungswasser mit Violaceus	2 Std.	14400	Sonnenschein Lufttemp. = 7° R	Nr. 26a) 26b) 1640	Nr. 27a) 27b) 40	— 1640	Bedeutende Verminderung, Hemmung des Wachsthums u. verspätete Verflüssigung
14	800 Leitungswasser mit B. violaceus	2 Std.	14400	Sonnenschein Lufttemp. = 7°	Nr. 28a) 28b) Zahlreiche Colonien	Nr. 29a) 29b) bedeutend weniger Colonien	Sehr deutliche Abnahme	Wachsthum gehemmt und Verflüssigung sehr verzögert
15	800 Leitungswasser mit B. prodigiosus	2 Std.	14400	Klares Wetter Lufttemp. = 6,5°	Nr. 30a) 30b) Colonien nicht zählbar	Nr. 31a) 31b) Colonien nicht zählbar	Keine deutliche Verminderung zu erkennen	Hemmung des Wachsthums, deutlich verzögerte Verflüssigung
16	800 Leitungswasser mit Staphylococcus-citreus	2 Std.	14400	Wetter klar Lufttemp. = 7,5°	Nr. 32a) 32b) zahlreiche Colonien	Nr. 33a) 33b) wenig Colonien	Deutliche Abnahme	Hemmung des Wachsthums, Verspätete Verflüssigung

	Art und Menge des Versuchswassers in Ccm	Dauer des Versuchs	Der vom Wasser zurückgelegte Weg	Chamäleonlösung vorher auf 100 Ccm	Chamäleonlösung nachher auf 100 Ccm	Resultat in Ccm Chämeleon. lösung	Verdunstungs-Menge
3. Reihe.	800 Leitungswasser.	2 Std.	14400	5,1	5,5	— 0,2	83
	800 Hafenwasser.	2 Std.	14400	11,2	12,0	— 0,5	85
	775 Leitungs- + 25 Sielwasser.	2 Std.	14400	13,6	13,9	— 1,3	74
Schüttel-versuche.	100 Leitungswasser.	½ Std.		4,8	4,8	— 0,0	
	75 Leitungs- + 25 Sielwasser.	½ Std.		18,1	18,0	— 0,1	
	100 Leitungswasser.	1 Std.		4,8	4,8	— 0,0	
	87,5 Leitungs- + 12,5 Sielwasser.	1 Std.		14,3	14,2	— 0,1	

Zum Schlusse gestatte ich mir, Herrn Professor Dr. Uffelmann, auf dessen Veranlassung ich die vorliegende Arbeit unternahm, und welcher mir bei Ausführung derselben rathend und helfend zur Seite stand, meinen wärmsten Dank auszusprechen.